

MAD

www.macchineagricoledomani.it



Edizioni L'Informatore Agrario

Tutti i diritti riservati, a norma della Legge sul Diritto d'Autore e le sue successive modificazioni. Ogni utilizzo di quest'opera per usi diversi da quello personale e privato è tassativamente vietato. Edizioni L'Informatore Agrario S.r.l. non potrà comunque essere ritenuta responsabile per eventuali malfunzionamenti e/o danni di qualsiasi natura connessi all'uso dell'opera.

Viaggio nello sviluppo dei prodotti

di Giuseppe Ogliari

L'evoluzione della meccanizzazione agricola e la globalizzazione hanno portato i Costruttori a rivedere i processi di sviluppo dei prodotti, costringendoli a cercare nuove strade per offrire al mercato trattori sempre più performanti senza rinunciare alla affidabilità

«**Ho un trattore** vecchio di quarant'anni... e fa ancora il suo dovere! Chissà se quello che ho appena acquistato durerà così a lungo...». Commenti come questo si ascoltano ancora nei bar di paese o alle fiere locali, a volte la discussione si accende con scambi di battute come in un duello tra agricoltori ormai in pensione ma che ancora non mollano.

Discutere va bene ma a ragion veduta!

Discussioni e confronti servono? Sicuramente no, se si affronta l'argomento in modo superficiale con la sola voglia di fare polemica. Al contrario i dibattiti possono essere interessanti se nella disputa si inseriscono anche elementi di attualità. Ad esempio è utile comprendere che è cambiato, negli anni, il modo di fare agricoltura e che c'è stata anche una forte evoluzione tecnologica delle at-

trezzature sostenuta dalla necessità di seguire le mutate esigenze dell'utilizzatore finale e quelle sulla sicurezza verso l'operatore e l'ambiente, giustamente imposte dall'Europa.

L'elettronica sempre più presente

Una grande spinta al cambiamento è stata fornita dalla tecnologia abbinata all'elettronica, che negli ultimi quindici anni ha stravolto il modo di lavorare, comunicare e socializzare. L'elettronica è entrata prepotentemente in tutti i settori dell'attività umana e nella maggioranza dei componenti dei mezzi di lavoro. Non ha fatto eccezione, ovviamente, la meccanica agraria, che ha beneficiato

Queste due fotografie danno in pieno l'idea di come sia cambiato il modo di lavorare dei tecnici progettisti dagli anni 60 (foto in bianco e nero) ai giorni nostri dove sofisticati software aiutano gli ingegneri nel loro lavoro



AI LETTORI

Tre articoli per approfondire

Con questo numero di Mad-Macchine agricole domani iniziamo la pubblicazione di una serie di articoli che trattano l'evoluzione negli ultimi anni della progettazione e sperimentazione di alcune componenti fondamentali del trattore. Dopo questo articolo introduttivo tratteremo nel mese di ottobre il **motore**, in quello di novembre la **trasmissione** e chiuderemo a dicembre con una nota dedicata al **posto di guida**. Buona lettura.

La Redazione

dell'introduzione dell'elettronica per aumentare le prestazioni delle macchine agricole, implementarne la produttività, ridurre i tempi di lavoro e garantire la salute dell'operatore.

Uno sguardo al trattore

Se limitiamo il ragionamento all'ambito trattoristico, la discussione e il confronto fra passato, presente e futuro devono essere fatti in modo serio e approfondito, in quanto oggi i trattori che effettuano lavori di preparazione del terreno, di semina, di protezione delle colture, di raccolta e di trasporto sono molto diversi dai loro antenati.

L'evoluzione della **tecnologia** e l'**utilizzo dell'elettronica** hanno fatto evolvere la meccanizzazione agricola, aumentando la produttività e riducendo i tempi di lavoro



Motore

Se analizziamo i principali gruppi componenti il trattore notiamo che i motori hanno subito notevoli cambiamenti con l'acquisizione del turbocompressore e dell'intercooler su quasi tutti i modelli, introducendo per quelli di maggior potenza le quattro valvole per cilindro, l'iniezione ad alta pressione o i sistemi «common rail» supportati necessariamente dall'elettronica.

A questo aggiungiamo le soluzioni adottate dai costruttori per rispondere ai requisiti delle normative europee legate alle emissioni nocive, come il ricircolo parziale dei gas di scarico o il loro post-trattamento con soluzioni di urea.

L'elettronica ha inoltre permesso l'ottenimento di propulsori con «doppia mappatura» (erogazione diversificata della potenza a seconda che il trattore lavori in trazione o alla pdf), o la disponibilità di potenza costante al variare del regime motore o il mantenimento del regime al variare del carico.

Sono anche cambiati i parametri relativi all'erogazione di potenza legata alla cilindrata o al numero dei cilindri: sono ormai lontani i tempi in cui un 100 CV doveva necessariamente essere a 6 cilindri, come pure concetti radicati tipo «più cilindrata si ha e meglio è».

Oggi si ottengono 100 CV con mo-

tori a 3 cilindri, 150 CV con 4 cilindri e ben oltre 200 CV con 6 cilindri da 6 e rotti litri di cilindrata.

Trasmissione

E cosa dire delle trasmissioni? I cambi powershift non effettuano più solo i passaggi di marcia sottocarico, ma offrono all'utilizzatore le modalità in «cambio automatico» con la selezione della marcia più idonea in ogni momento, ulteriormente segmentato in modo «power», «economy» e «comfort» a seconda che si voglia privilegiare le prestazioni, i consumi o la comodità.

Ormai dimenticati anche gli inversori idraulici troppo bruschi o eccessivamente morbidi, a seconda di come si invertiva la direzione con un pesante carico al traino o con un attrezzo leggero.

Se le trasmissioni a variazione continua fino a una quindicina di anni fa costituivano l'eccezione, da un po' di tempo sono entrate di prepotenza nel mondo trattoristico.

Idraulica

Anche i comandi e le regolazioni idrauliche per i servizi esterni hanno subito il fascino dell'elettronica. Oggi disponiamo di sistemi elettroidraulici con ripartizioni di portata e tempi di erogazione molto precisi e tutto è tenuto sotto controllo in tempo rea-

le dall'operatore in cabina grazie a una miriade di informazioni visualizzate su monitor touch screen.

Più comfort in cabina

Il posto guida non fa eccezione: la sua evoluzione è iniziata per rispondere alle esigenze delle normative europee circa la rumorosità all'orecchio del conducente (la massima non deve superare gli 86 dBA) e successivamente per soddisfare le richieste di un'utenza che era ormai stanca di essere considerata diversa da quella automobilistica.

La voglia dei progettisti di trattori di recuperare questo divario ha stimolato la ricerca dell'ergonomia e della comodità con risultati sorprendenti. Un capitolo recente è la strumentazione elettronica applicata al trattore e alle attrezzature per lavorare con la «precision farming» e il sistema ISO-Bus.

Le nuove strategie

«Con tutti i soldi che costa – continua il nostro amico agricoltore – spero che il nuovo trattore mi possa dare quelle soddisfazioni che ho provato col vecchio... perché non ci sono più i trattori di una volta».

È vero, non ci sono più i trattori di una volta ma la vera domanda è: in un costante aumento di richieste di mercato e stringenti requisiti normativi che impongono tempistiche di progettazione sempre più ridotte e nuovi sistemi di sperimentazione, quali strategie e soluzioni adottano i costruttori nell'evoluzione dello sviluppo di prodotto, garantendo comunque trattori affidabili e performanti?

Al quesito daremo risposta nei prossimi numeri di Mad-Macchine agricole domani con i tre articoli che abbiamo annunciato nel riquadro alla pagina precedente.

Giuseppe Ogliari

g.ogliari@macchineagricoledomani.it



Se alcuni decenni fa la potenza del motore veniva utilizzata quasi esclusivamente per le attrezzature, nei tempi più recenti deve soddisfare anche le esigenze di comfort operativo (servocomandi, aria condizionata, ecc.)

Motore, l'evoluzione non si spegne mai

di Giuseppe Ogliari

Vediamo come è cambiato il modo di progettare e sperimentare un propulsore per trattori. L'evoluzione è stata lunga e continuerà anche in futuro per assecondare le esigenze di utilizzatori finali sempre più preparati e di normative europee sempre più stringenti

Perché quando pensiamo a un veicolo, mezzo da lavoro o da trasporto che sia, la prima cosa che ci viene in mente è il motore? E le prime domande che ci facciamo sono quasi sempre: «Chissà che potenza avrà? Quanto sarà grande il propulsore? Non avrà meno di sei ci-

lindri. Ma in un'ora quanti litri di carburante si berrà?».

Forse non esiste una spiegazione logica al motivo per cui pensiamo subito alle caratteristiche del motore e non ad altro o forse il motivo è che percepiamo che il propulsore è il meccanismo che dà la vita al veicolo. Senza un motore anche il mezzo più mastodontico sarebbe come il gigante Golia dopo la sfida con Davide: immobile.

E non sappiamo neppure spiegarci perché il rumore (forse sarebbe il caso di parlare di «timbro») di una Harley Davidson o di una Ferrari ci fa girare per guardarle ammirati.

Nel settore della meccanizzazione agricola, per gli addetti ai lavori avviene la stessa cosa quando passa per strada un trattore, una mietitrebbia o una trincia semovente.

I più esperti addirittura ne riconoscono marca e modello solo dal rombo del motore perché il fascino che suscita un propulsore è rimasto immutato nel tempo anche se qualcosa è cambiato.

L'evoluzione della progettazione

La progettazione del motore si è invece notevolmente evoluta e le risposte degli ingegneri e dei costruttori di motori sono aumentate e si sono diversificate negli anni.

Solo per fare un esempio: se parliamo di prestazioni oggi non è più sufficiente identificare i valori massimi di potenza, di coppia o di consumo, ma si discute se quel motore ha le due «mappature» (una per lavori trattivi e l'altra per lavori alla pdp), o se la coppia mantiene il valore massimo per almeno 300 giri e se lo spunto sottocarico rispecchia il valore di incremento denunciato, per quali regimi si mantiene il consumo ottimale e ogni quante ore va sostituito l'olio motore.

Tutte queste informazioni sono necessarie perché il mercato è sempre più affollato e gli utilizzatori delle macchine agricole hanno sempre più il palato fine ma anche perché sono state introdotte normative europee



sempre più stringenti, ad esempio su aspetti quali la rumorosità e i livelli di emissioni, ed era logico attendersi, in questi ultimi anni, una forte accelerazione nell'evoluzione dei propulsori.

Le tre tappe dello sviluppo

La storia dell'evoluzione dei motori per i trattori può essere suddivisa in tre epoche (prima degli anni 80, tra gli anni 80 e il 2000, dal 2000 ai giorni nostri) durante le quali, come vedremo, ci sono stati parecchi interventi progettuali e sperimentali.

Come si lavorava prima degli anni 80. Fino agli inizi degli anni 80, dal punto di vista omologativo i motori dovevano sottostare solamente alla prova di potenza massima e non vi erano vincoli che potevano limitarne le prestazioni.

Il progettista lavorava per migliorare le performance e l'affidabilità, cercando di ottimizzare il sistema di alimentazione, lavorando principalmente su turbo e intercooler e utilizzando materiali maggiormente idonei.

I sistemi di calcolo agli elementi finiti

(all'epoca ancora quasi in fase di ricerca universitaria) riguardavano quasi esclusivamente la parte strutturale (monoblocco, albero motore e a camme), mentre l'aspetto termodinamico e termomeccanico veniva poco considerato.

La fase sperimentale consisteva nel rilevare, con motore su banco, le curve caratteristiche di potenza, coppia e consumi mediante cicli fissi definiti in vari modi, cercando di garantire una «vita attesa» di 8-10.000 ore prima della revisione completa del motore.

Anche i test di durata e affidabilità consistevano nel far girare il motore applicando carichi variabili per parecchie ore e successivamente effettuando smontaggi per verificarne i particolari e intervenire progettualmente su quelli usurati in modo anomalo.

1. Motore a banco prova: test di funzionalità e durata

2. Motore a banco prova dinamico: test di calibrazione e certificazione delle performance e delle emissioni

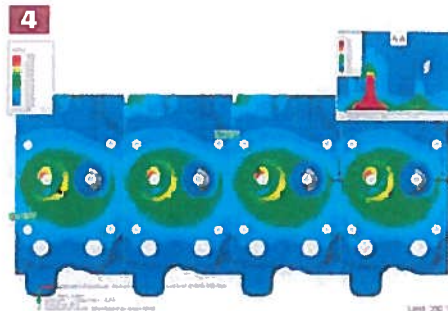
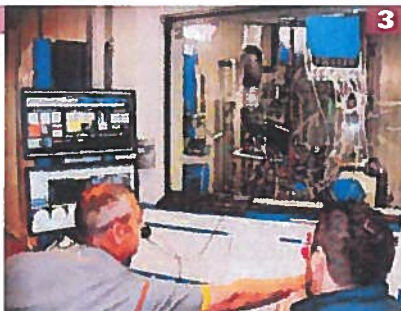
Le tempistiche di progettazione e sperimentazione di un nuovo motore duravano almeno un triennio, quando tutto andava per il meglio.

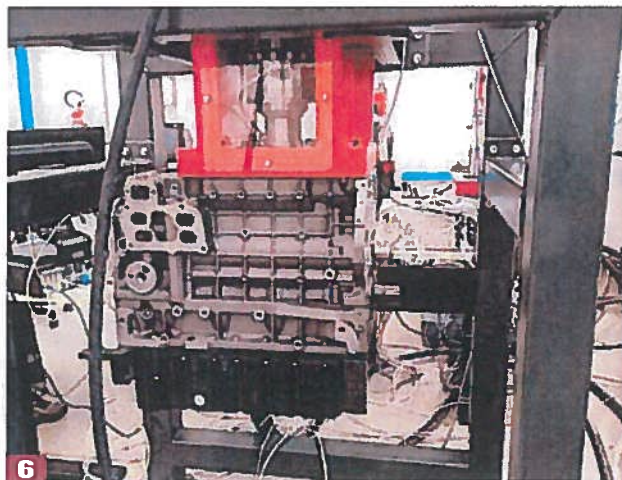
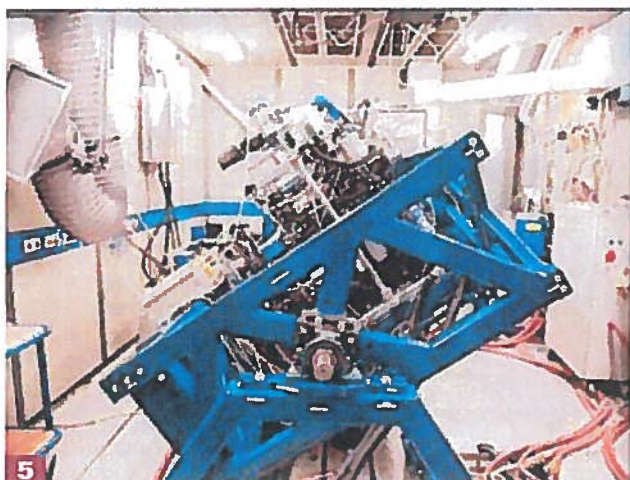
Dagli anni 80 al 2000. Nell'ultimo ventennio del secolo scorso, oltre ad affinare i test sperimentali, ci si è focalizzati su aspetti legati alla «rumorosità» del motore, spinti dalle normative (legge 626 sulla sicurezza del posto di lavoro, e quindi il posto guida del trattore) dove il limite era fissato a 86 dB(A) all'orecchio del conducente. Da qui la necessità di ridurre la «rumorosità primaria» progettando monoblocchi con maggior rigidità, canne cilindro meno deformabili e ingranaggi della distribuzione con dentatura elicoidale.

Dal 2000 ai giorni nostri. Con l'inizio del nuovo secolo i motori hanno subito parecchi cambiamenti sostanziali per sottostare ai limiti di livelli di emissione delle sostanze nocive dei gas di scarico, in particolare modo ossidi di azoto e particolato. Per arrivare ad oggi, con motori emisionati Tier 4 si sono praticamente rivisti tutti i sistemi del motore: dal circuito di alimentazione a quello dell'iniezione e dello scarico,

3. Personale specializzato addetto al controllo/gestione della sala prova e dei test su motore

4. Risultati di simulazione FEM (Finite Element Method) a fatica termomeccanica delle teste motore: distribuzione delle temperature





5. Motore a banco prova speciale: test di lubrificazione con motore inclinato di 35°

6. Prove a fatica funzionali su componente: basamento motore installato su banco prova idraulico in grado di replicare i carichi derivanti dalla combustione

dal raffreddamento alla lubrificazione, oltre che, ovviamente, alla parte strutturale, sottoposta a carichi dinamici sempre più gravosi.

Pur garantendo prestazioni, affidabilità e durata il risultato doveva necessariamente essere l'ottenimento di motori «ecologici». E così è stato, se si considera che dall'introduzione delle normative, la riduzione degli ossidi di azoto è stata del 96% e per il particolato del 97%.

Le tappe che nei vari anni, a seguito dei limiti sempre più restrittivi, hanno portato i motori prima a modifiche sempre più pesanti e successivamente alla completa riprogettazione, si possono così riassumere: variazione dell'anticipo di iniezione, nuova forma delle camere di combustione, nuove pompe d'iniezione e iniettori con incremento della pressione di iniezione, ottimizzazione dei condotti di aspirazione, adozione massiccia di turbocompressori e intercooler anche per le potenze medio-basse, regolazione elettronica dell'iniezione e common rail, ricircolo interno o esterno raffreddato dei gas di scarico, trattamenti di post-combustione con urea (AdBlue), dispositivi catalitici e filtri antiparticolato con completo controllo elettronico del motore.

L'avvento dell'elettronica

Fortunatamente un grosso aiuto è arrivato dall'elettronica che ha permesso di gestire al meglio il motore per contenere le emissioni e addirittura di «andare oltre» per migliorare le prestazioni e il comfort operativo. Ad esempio il comando meccanico

della leva a mano e del pedale dell'acceleratore composto da tiranti e cavi metallici è stato sostituito con pulsanti, fili elettrici e reostati, garantendo risposte dal motore più rapide e precise, come pure le memorizzazioni dei regimi di lavoro massimi e minimi.

L'adozione delle centraline elettroniche ha consentito di ottimizzare l'elaborazione dei numerosi parametri in ingresso nelle diverse condizioni di carico, a vantaggio di prestazioni costanti.

Potenziato il settore Ricerca e Sviluppo

Anche i costruttori di trattori hanno dovuto necessariamente modificare la propria struttura di Ricerca e Sviluppo dotandola di un settore dedicato, con l'obiettivo di adeguare l'elettronica del motore ai propri standard di progetto e di interfacciarla con quella applicata alla trasmissione, per ottimizzare le prestazioni complessive e garantire un rendimento globale in campo.

Un'ulteriore problematica che si è dovuta affrontare è stato l'incremento delle dimensioni del motore completo di tutti i suoi accessori, aspetto questo in contrasto con l'esigenza

di avere comunque cofani con ingombri contenuti a vantaggio della visibilità anteriore e dell'angolo di sterzo.

Fortunatamente i nuovi supporti informatici (CAD - Computer Aided Drafting) hanno fornito un notevole aiuto al progettista, il quale si è dovuto ovviamente evolvere per essere costantemente aggiornato sui nuovi sistemi di progettazione che comprendono anche la «sperimentazione virtuale».

Grazie a ciò è stato possibile prevedere il comportamento di ogni componente critico (ingranaggeria, bielle, albero motore e a camme, monoblocco, teste motore, ecc.) o sottosistema (impianto di alimentazione, iniezione, scarico, raffreddamento e lubrificazione) al variare delle condizioni di lavoro, per poter intervenire progettualmente recuperando i tempi di sviluppo.

Attualmente sono possibili simulazioni al computer con sofisticati software che consentono di inserire una notevole quantità di dati. Queste informazioni possono essere variate a discrezione del progettista e tramite l'elaborazione degli stessi si può scegliere la soluzione ottimale, ottenendo così risparmi di tempo e riduzioni di costo per lo sviluppo dei prototipi. In sostanza si giunge alla fase prototipale con ragionevole certezza che il motore così concepito sia sufficientemente valido in tutti i suoi aspetti.

Stante la complessità di garantire alti standard qualitativi, la tendenza è quella di affiancare ai progettisti personale esterno altamente specializzato e avvalersi di fornitori-partner.

La necessità dei test dinamici

Tuttavia, nonostante la tecnologia fornisca un notevole aiuto in fase progettuale, rimane comunque la necessità di sperimentare praticamente il propulsore mediante «cicli dinamici» con continui cambi di regime e di carico.

Vengono così testati la funzionalità, l'aspetto meccanico dei componenti e la messa a punto dei sottosistemi del motore, rilevandone continuamente le performance.

Le attuali sale prova sperimentali sono dotate di strumentazioni d'avanguardia fra cui la possibilità di rilevare la composizione dei gas di scarico nelle varie condizioni di impiego, al fine di garantire valori entro i limiti per almeno 8.000 ore di lavoro.

In particolare, per assicurare la durata del motore nella completa funzionalità, vengono effettuate «prove intensive di fatica» di parti soggette a stress (albero a gomiti, monoblocco), analisi di laboratorio su materiali e prove di lubrificazione con motore in potenza inclinato a vari angoli (per simulare il lavoro del trattore in pen-

denza) mediante rilevatori di pressione e sensori per la temperatura. Anche l'affidabilità viene verificata con test specifici per l'identificazione delle potenziali cause di guasto dei componenti e i risultati elaborati con tecniche statistiche e software idonei.

La validazione dei prototipi dopo le innumerevoli prove sperimentali prosegue con l'applicazione del motore su un veicolo-muletto per le prove comportamentali in campo mediante l'impiego di attrezzature dedicate, monitorandone costantemente le performance grazie all'elettronica di bordo.

Tre anni per un nuovo motore

Attualmente i tempi di progettazione e sperimentazione del propulsore non si sono discostati molto rispetto ad alcuni decenni fa, perché a fronte della tecnologia disponibile per contenere i tempi di sviluppo sono notevolmente aumentati i test a causa dei numerosi parametri e variabili di ottimizzazione del motore stesso.

Oggi più di ieri gli utenti chiedono al motore prestazioni, flessibilità di impiego, durata, affidabilità e anche

bassi consumi per poter ridurre i costi di gestione.

Giudicare un nuovo motore rispetto a uno di vecchia generazione non è facile, perché i parametri di valutazione sono notevolmente cambiati.

Infatti il suo utilizzo non è più ad uso esclusivo dell'attrezzatura, ma una buona parte della sua potenza viene impiegata per i servizi del trattore (aria condizionata, inversore idraulico, cambio powershift o a variazione continua, pompe idrauliche con maggior portata e sterzo più potente).

E comunque anche le attrezzature sono diventate più complesse e con maggiori assorbimenti di potenza per aumentarne il rendimento, costringendo il motore a continui stress.

Ma come saranno i motori del futuro? Qualcuno li immagina come quello montato sulla DeLorean nel film «Ritorno al futuro». Impossibile? «Mai dire mai».

Giuseppe Ogliari

g.ogliari@macchineagricoledomani.it

Nel prossimo numero di *Mad - Macchine agricole domani* (n. 11/2014 - Novembre) parleremo della sperimentazione delle trasmissioni dei trattori.